

07.10.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年10月1日

出願番号
Application Number: 特願2003-343620
[ST. 10/C]: [JP 2003-343620]

出願人
Applicant(s): 光洋精工株式会社

REC'D 02 DEC 2004

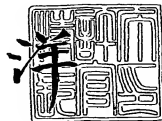
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 106464
【提出日】 平成15年10月 1日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B62D 5/04
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 光洋精工株式会社内
 【氏名】 西崎 勝利
【特許出願人】
 【識別番号】 000001247
 【氏名又は名称】 光洋精工株式会社
 【代表者】 ▲吉▼田 紘司
【代理人】
 【識別番号】 100092705
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 渡邊 隆文
 【電話番号】 078-272-2241
【選任した代理人】
 【識別番号】 100104455
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 喜多 秀樹
 【電話番号】 078-272-2241
【選任した代理人】
 【識別番号】 100111567
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂本 寛
 【電話番号】 078-272-2241
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011110
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0209011

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

操舵部材から操向車輪に至る操舵機構に減速機構を介在させて電動モータの動力を付与して操舵補助を行う電動パワーステアリング装置であって、

前記電動モータの慣性を J とし、この電動モータ及び前記減速機構を含んだ前記操舵機構での共振角周波数を ω_p としたときに、下記の不等式 (1)

$$0.8 J \omega_p \leq C \quad \text{--- (1)}$$

を満足する粘性定数 C を有する粘性体を、前記電動モータから前記減速機構を経て前記操舵機構までの当該モータの動力伝達経路上に設けたことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】

前記粘性体は、その粘性定数 C が、下記の不等式 (2)

$$0.8 J \omega_p \leq C \leq 4 J \omega_p \quad \text{--- (2)}$$

を満足するように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】

前記粘性体が、前記減速機構に含まれた歯部の噛み合い部に介装されるグリースであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】電動パワーステアリング装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車などの車両に搭載され、電動モータを用いてドライバーの操舵動作を補助する電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば自動車に搭載される電動パワーステアリング装置は、操舵部材から操向車輪に至る操舵機構に連結された電動モータを備えており、このモータ動力を減速機構を介在させて操舵機構に付与することで上記操舵部材でのドライバーによる操舵動作を補助するようになっている。また、このようなステアリング装置では、上記減速機構に含まれた歯部の噛み合い部に生じた歯打ち音がドライバーにラトルノイズ（ラトル音）として伝わって不快感を与えることがあり、このラトル音を低減することが求められている。

そこで、従来装置には、その減速機構において上記電動モータの出力軸側に連結されたウォーム軸を上記操舵機構に装着されたウォームホイール側に付勢することにより、これらウォームホイールとウォーム軸との上記歯部噛み合い部でのバックラッシュを吸収してラトル音を抑制しようとしたものがある（特許文献1参照。）。

また、従来装置には、上記歯部噛み合い部の近傍に永久磁石を設置するとともに、この磁石により磁氣的に吸引される磁性流体からなる潤滑油を使用することで、この潤滑油を歯部噛み合い部に常に介在させて、当該潤滑油にてラトル音を緩衝しようとしたものもある（特許文献2参照。）。

【0003】

【特許文献1】特開2000-43739号公報（第3～4頁、第1図）

【特許文献2】特開2003-63424号公報（第3～5頁、第2図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところが、上記のような従来装置では、その減速機構及び電動モータを含んだ振動系にについては十分に考慮されたものではなく、その振動系の固有振動に起因してラトル音が生じたり、操舵フィーリングが低下したりすることがあった。詳細に言えば、慣性要素である電動モータが弾性要素である減速機構の歯部噛み合い部を介して操舵機構に連結されており、操舵機構及び電動モータをそれぞれ基準端側及び自由端側とする上記振動系が構成されている。そして、例えば操舵車輪側からの外乱が逆入力されたとき、ことに電動モータを駆動しないアシスト不感帯において、この振動系は振動（共振）し易く、ラトル音が大きくなったり、操舵フィーリングの大幅な低下を招いたりすることがあった。

【0005】

上記のような従来の問題点に鑑み、本発明は、減速機構及び電動モータを含んだ振動系に起因するラトル音の発生及び操舵フィーリングの低下を抑えることができる電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、操舵部材から操向車輪に至る操舵機構に減速機構を介在させて電動モータの動力を付与して操舵補助を行う電動パワーステアリング装置であって、

前記電動モータの慣性をJとし、この電動モータ及び前記減速機構を含んだ前記操舵機構での共振角周波数を ω_p としたときに、下記の不等式（1）

$$0.8 J \omega_p \leq C \quad \text{--- (1)}$$

を満足する粘性定数Cを有する粘性体を、前記電動モータから前記減速機構を経て前記操舵機構までの当該モータの動力伝達経路上に設けたことを特徴とするものである。

【0007】

上記のように構成された電動パワーステアリング装置では、不等式(1)を満足した粘性定数Cを有する粘性体を上記モータの動力伝達経路上に設けることにより、本発明の発明者は、当該粘性体から適切な粘性を上記動力伝達経路に付与させることができる知見を得た。そして、上記粘性体からの粘性により、慣性要素としての電動モータと、上記減速機構内に設けられた弾性要素としての歯部の噛み合い部とを含む振動系の固有振動を容易に抑制できることを見出した。

【0008】

また、上記電動パワーステアリング装置において、前記粘性体は、その粘性定数Cが、下記の不等式(2)

$$0.8J\omega p \leq C \leq 4J\omega p \quad \text{--- (2)}$$

を満足するように設定されていることが好ましい。

この場合、粘性体から動力伝達経路に付与される粘性が不等式(2)の右辺項によって制限されることとなり、電動モータを駆動するアシスト時において操舵機構側に伝えられるモータ動力の十分な応答性を確保することができ、よって応答性不足に伴う操舵フィーリングの低下も防止することができる。

【0009】

また、上記電動パワーステアリング装置において、前記粘性体が、前記減速機構に含まれた歯部の噛み合い部に介装されるグリスであってもよい。

この場合、グリスが電動モータのオン/オフ状態に係わらず上記粘性体として当該モータの動力伝達経路上に常に設けられることとなり、当該モータのオン/オフ状態の切り換え時などでの上記振動系の振動をより確実に抑制することができ、ラル音の発生及び操舵フィーリングの低下が生じるのをさらに効果的に抑えることができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、粘性定数Cが適切な値に設定された粘性体によって減速機構及び電動モータを含む振動系の固有振動を容易に抑制することができるので、この振動系に起因するラル音を抑制することができるとともに、操舵フィーリングの低下を抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、本発明の電動パワーステアリング装置を示す好ましい実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の一実施形態による電動パワーステアリング装置の主要部の構成を示す模式図である。図において、当該装置は、例えば自動車に搭載され、操舵部材(ステアリングホイール)1に加わるドライバの操舵動作に応じて、操舵車輪5の向きを変える操舵軸2を備えている。この操舵軸2には、上記操舵部材1が上端部に取り付けられる筒状の取付軸21と、この取付軸21に一体回転可能に連結された筒状の入力軸22と、トーションバー23を介在させて入力軸22に同軸的に連結された筒状の出力軸24が設けられている。この出力軸24の下端部には、図示しない自在継手などを介在させてラックピニオン式伝達機構3のピニオン軸31及びラック軸32が順次連結されており、さらには左右の上記操舵車輪5がタイロッド4を介してラック軸32の対応する左右端部に連結されている。そして、操舵軸2の回転が、ラックピニオン式伝達機構3によって左右方向の直線運動に変換され、操舵車輪5が転舵される。

【0012】

上記取付軸21は、ステアリングコラム25内に収納された状態で車体側に固定されるものであり、その下端部には、トーションバー23の一端部を内嵌固定した入力軸22の上端部がピン26により連結されている。また、上記トーションバー23の他端部はピン27により出力軸24の下端部に内嵌固定されている。

上記入力軸22及び出力軸24は、車体側に固定され、かつ図の上下方向に分離可能な第1及び第2、第3のハウジングH1及びH2、H3の内部にニードル軸受61及び玉軸

受 62、63 を介してそれぞれ回転自在に取り付けられている。

【0013】

また、上記出力軸 24 には、減速歯車 81 及びこれに噛み合うピニオン軸 82 を有する減速機構 8 と、上記ピニオン軸 82 が出力軸 91 に一体回転可能に取り付けられるとともに、トルクセンサ 7 の検出結果に応じて駆動される操舵補助用の電動モータ 9 とが連結されている。これらの減速機構 8 と電動モータ 9 とが、操舵部材 1 から操向車輪 5 に至る操舵機構 A にモータ動力による操舵補助力を付与する操舵補助部を構成しており、後に詳述するように、この操舵補助部内のモータ動力伝達経路上に設けられた粘性体によって上記減速機構 8 及び電動モータ 9 を含んだ振動系での振動が抑制されるようになっている。

【0014】

詳細に言えば、図 2 も参照して、上記減速歯車 81 は、例えばインポリュートはすば歯車により構成されており、その外周面に歯部 81a が形成されるとともに、出力軸 24 に一体的に取り付けられている。また、上記ピニオン軸 82 には、歯部 81a と互いに噛み合う歯部 82a が外周面に形成されたものであり、当該ピニオン軸 82 は第 3 のハウジング H 3 内で玉軸受 64、65 によって回転可能に支持されている。

上記電動モータ 9 は、その出力軸 91 に一体的に取り付けられたモータロータ 92 と、このロータ 92 に対向配置されたモータステータ 93 とを備えている。また、この出力軸 91 は、上記第 2 のハウジング H 2 に取付・取外し自在に構成されたモータハウジング M H 内で玉軸受 66、67 に回転自在に支持されている。また、出力軸 91 の一端部 91a は、筒状のジョイント部材 10 内に圧入されている。このジョイント部材 10 には、上記ピニオン軸 82 の端部 82b がセレーション結合によって連結されており、当該ピニオン軸 82 と出力軸 91 とが一体回転可能に接続されている。

また、減速機構 8 では、減速歯車 81 とピニオン軸 82 との歯部噛み合い部でのバックラッシュをある程度許容した状態で互いに連結されており、当該減速機構 8 でのギヤ効率を高めた状態でモータ動力を操舵軸 2 側に伝えるようになっている。

【0015】

また、上記減速機構 8 に含まれた歯部 81a、82a の噛み合い部には、図 2 に微小な黒点で示したグリース G が介装されている。このグリース G は、操舵機構 A 及び電動モータ 9 をそれぞれ基準端側及び自由端側とする振動系、つまり減速機構 8 及び電動モータ 9 を含む振動系での固有振動を抑制する上記粘性体として働くものであり、その硬度や介装量を調整することにより、下記の不等式 (1) 好ましくは不等式 (2) を満足する粘性定数 C を有するよう構成されている。

$$0.8 J \omega p \leq C \quad \text{--- (1)}$$

$$0.8 J \omega p \leq C \leq 4 J \omega p \quad \text{--- (2)}$$

但し、(1) 及び (2) 式において、J は電動モータ 9 の慣性であり、 ωp は減速機構 8 及び電動モータ 9 を含んだ操舵機構 A での共振角周波数である。このような粘性定数 C を有するグリース G を用いることにより、電動モータ 9 から減速機構 8 を経て操舵機構 A の操舵軸 2 までの当該モータ 9 の動力伝達経路上に適切な値の粘性を付与することができる。また、(2) 式の右辺項の値により、粘性定数 C の上限を規定することにより、上記動力伝達経路上で操舵軸 2 側に伝達されるモータ動力に対し、抵抗として作用するグリース G の粘性を制限して電動モータ 9 を駆動するアシスト時においてそのモータ動力の応答性が低下するのを防ぐことができる。

【0016】

詳細に言えば、操舵軸 2 (操舵機構 A) 側からみた上記振動系は、電動モータ 9 の慣性 J と、グリース G の粘性定数 C と、歯部 81a、82a の噛み合い部での弾性定数 K と、ラプラス演算子 s とにより、2 次振動系の伝達関数、 $1/(J s^2 + C s + K)$ で表される。この伝達関数は、次の (3) 及び (4) 式のように展開することができることから、上記振動系の固有角周波数 ω_n 及び減衰係数 ζ は、(3) 及び (4) 式の分母項の等価条件によって下記の (5) 及び (6) 式でそれぞれ示される。また、上記共振角周波数 ωp

は、固有角周波数 ω_n 及び減衰係数 ζ を用いた(7)式に変換され、さらに(8)式のよう展開することができる。

$$1/(Js^2 + Cs + K) = (1/J) / (s^2 + Cs/J + K/J) \quad (3)$$

$$= (1/J) / (s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2) \quad (4)$$

$$\omega_n = (K/J)^{1/2} \quad (5)$$

$$\zeta = C/2J\omega_n = C/2(KJ)^{1/2} \quad (6)$$

$$\omega_p = \omega_n(1 - 2\zeta^2)^{1/2} \quad (7)$$

$$= \omega_n(1 - C^2/2KJ)^{1/2} = (K/J - C^2/2J^2)^{1/2} \quad (8)$$

【0017】

ここで、上記減衰係数 ζ とは、後に詳述するように、その適正な範囲として次の不等式(9)により規定されている。続いて、この不等式(9)に上記(6)式を代入し順次変形すると、上記モータ慣性 J 及び弾性定数 K にて粘性定数 C を規定する下記の(10)式を得ることができる。そして、この不等式(10)の左辺項で規定される粘性定数 C を有するグリース G を上記歯部81a、82aの噛み合い部に設けることで減速機構8及び電動モータ9を含んだ振動系の固有振動を容易に抑制することができる。また、同不等式(10)の右辺項にてグリース G の粘性定数 C を規定することにより、モータ動力の応答性が低下するのを防ぐことができる。

$$0.4 \leq \zeta \leq 2 \quad (9)$$

$$0.64KJ \leq C^2 \leq 16KJ \quad (10)$$

【0018】

また、実際の装置では、上記の歯部噛み合い部での弾性定数 K を求めることは難しい。それ故、以下に、比較的取得しやすい実機データ、つまり上記モータ慣性 J 及び共振角周波数 ω_p にて粘性定数 C を規定した上記(1)及び(2)式の取得手順を説明する。

まず、上記(7)式において、減衰係数 ζ が十分に小さいときには、 $\omega_p \approx \omega_n$ の式が成立して、これにより、上記(6)式を次の(11)式に変形することができる。

$$\zeta \approx C/2J\omega_p \quad (11)$$

そして、この(11)式の減衰係数 ζ を上記(9)式に示した適正な範囲に代入して、粘性定数 C について解くことにより、上述の(1)及び(2)式を得ることができる。

【0019】

また、上記(9)式にて規定した減衰係数 ζ では、0.4以上の値を選ぶことにより、グリース G はその粘性を最低限必要な負荷(抵抗)として歯部81a、82aの噛み合い部(動力伝達経路)に与えることができ、その歯部噛み合い部での振動によって生じるラトル音及び操舵フィーリングの変化がドライバーに認識されない程度に、グリース G からの抵抗が動力伝達経路に付与されて当該振動を抑制することができる。

また、2次振動系において、ステップ応答が定常状態に対してオーバーシュートしないための条件は、理論上、減衰係数 ζ を $2^{-1/2}$ 以上とすることである。すなわち、粘性定数 C が、好ましくは上記(11)式より $(2J\omega_p/2^{1/2})$ (または上記(6)式より $(2(KJ)^{1/2}/2^{1/2})$)以上に設定されることにより、上記振動系の固有振動数においてゲインがピークをもちたずに比較的安定した系を構成することができる。さらに、減衰係数 ζ の値を1以上、つまり粘性定数 C を $2J\omega_p$ (または $2(KJ)^{1/2}$)以上と設定することにより、上記振動系での振動(共振)を防げる点で好ましい。

また、2以下の減衰係数 ζ を選ぶことにより、グリース G から動力伝達経路に与えられる粘性を制限して、例えば電動モータ9を動作しない非アシスト状態からアシスト状態に移行する場合に、ステアリング操作における粘り感が急激に減少することを防ぐことができ、操舵フィーリングが大きく低下するのを防ぐことができる。

【0020】

尚、0.4未満の減衰係数 ζ を選択したときには、グリース G から上記動力伝達経路に付与される粘性が不足して上記振動系が安定せずに、この振動系での振動に起因するラトル音が大きくなり易くなったり、操舵フィーリングの低下を招き易くなったりする。

また、2よりも大きい減衰係数 ζ を選んだときには、グリース G からの粘性が過剰なも

のとなつて、例えば電動モータ 9 によるアシスト状態に切り換えられたときにモータ動力が操舵軸 2 側に伝えられるのが遅れて、操舵フィーリングが比較的低下する。

【0021】

ここで、上記粘性定数 C の具体的な数値例を示すと、電動モータ 9 の慣性 J の設計値は、その出力軸 9 1 a 周りで $J = 0.67 \times 10^{-4} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2 \text{)}$ 程度であり、減速機構 8 の減速比を 9.7 とすると、操舵軸 2 周りのモータ慣性 J は、 $J = 0.67 \times 10^{-4} \times 9.7^2 \text{ (kg} \cdot \text{m}^2 \text{)} = 0.63 \times 10^{-2} \text{ (Nm} \cdot \text{s}^2 \text{/rad)}$ となる。また、操舵軸 2 周りでの上記共振周波数 f_p の測定結果は 22 ~ 25 (Hz) 程度であり、これを共振角周波数 ω_p に変換すると、138 ~ 157 (rad/s) となる。

これらの慣性 J 及び共振角周波数 ω_p の具体値を上記不等式 (2) に代入すると、好ましい粘性定数 C の具体的な範囲として、 $0.70 \leq C \leq 3.96$ が得られる。

【0022】

以上のように構成された本実施形態の電動パワーステアリング装置では、上記不等式 (1) (または不等式 (10) 式の左辺項) で規定される粘性定数 C を有するグリース G (粘性体) を減速機構 8 内の歯部噛み合い部に設けて、電動モータ 9 から操舵軸 2 に至るモータ動力伝達経路に適切な粘性を付与しているため、当該減速機構 8 及び電動モータ 9 を含んだ振動系の固有振動を容易に抑制することができ、この振動系での振動に起因するラトル音の発生及び操舵フィーリングの低下を抑えることができる。

また、(2) 式の右辺項 (または不等式 (10) 式の右辺項) の値により、粘性定数 C を規定することにより、上記動力伝達経路上で抵抗となるグリース G の粘性を制限することができる。これにより、アシスト時におけるモータ動力の十分な応答性 (操舵軸 2 側への伝達速度) を確保できるとともに、応答性不足に伴って操舵フィーリングが低下するのを防止することができる。

【0023】

また、本実施形態では、上記減速歯車 8 1 の歯部 8 1 a とピニオン軸 8 2 の歯部 8 2 a との噛み合い部に介装されるグリース G により、適切な粘性をモータ動力伝達経路に付与して上記振動系の振動を抑えているので、電動モータ 9 の動作状況に係わらず前記振動を抑えることができる。この結果、電動モータ 9 が駆動されないアシスト不感帯及び当該モータ 9 のオン/オフ状態の切り換え時でも、上記振動系の振動をより確実に抑えることができ、ラトル音の発生及び操舵フィーリングの低下が生じるのをさらに効果的に抑制することができる。しかも、上記特許文献 2 に記載された従来例と異なり、特殊な成分の潤滑油 (磁性流体) の使用及び永久磁石の設置等を行うことなく、簡単な構成にて低騒音で操舵フィーリングに優れた電動パワーステアリング装置を容易に構成することができる。

【0024】

尚、上記の説明では、減速歯車 8 1 の歯部 8 1 a とピニオン軸 8 2 の歯部 8 2 a との噛み合い部に介装されるグリース G の粘性定数 C を規定した場合について説明したが、本発明は上記不等式 (1) を満足する粘性定数 C を有する粘性体を上記モータ動力伝達経路上に設けたものであれば何等限定されない。具体的には、例えばモータ出力軸 9 1 やピニオン軸 8 2 を支持する軸受に予圧を付与することにより、この軸受を粘性体として機能させる構成でもよい。

また、上記の説明では、出力軸 2 4 に一体的に取り付けられたはずば歯車からなる減速歯車 8 1 と、モータ出力軸 9 1 と一体回転可能なピニオン軸 8 2 とを有する減速機構 8 に適用した場合について説明したが、他の歯車形式例えばウォームホイールとこれに噛み合うウォームを有する減速機構を含んだ装置にも適用することができる。また、上記の説明では、操舵軸 2 に電動モータ 9 が連結されるコラムアシスト式の電動パワーステアリング装置に適用した場合を示したが、本発明は操舵補助モータがラック軸に連結されて、このラック軸の移動をアシストするラックアシスト式等の他のアシスト形式の装置にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の一実施形態による電動パワーステアリング装置の主要部の構成を示す模式図である。

【図 2】図 1 に示した減速機構及び電動モータの具体的な構成例を示す拡大断面図である。

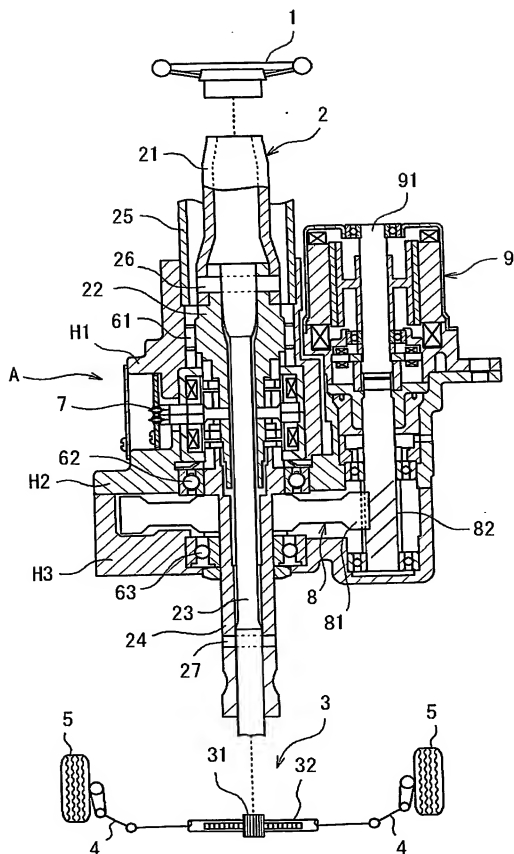
【符号の説明】

【 0 0 2 6 】

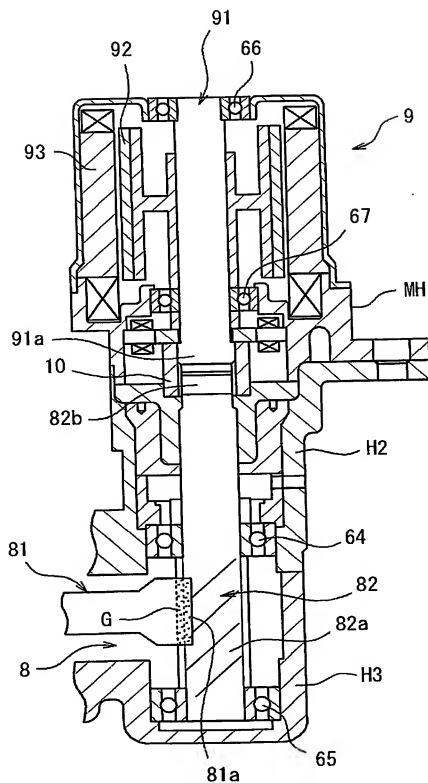
- 1 操舵部材
- 2 操舵軸
- 5 操向車輪
- 8 減速機構
- 8 1 減速歯車
- 8 1 a 歯部
- 8 2 ビニオン軸
- 8 2 a 歯部
- 9 電動モータ
- A 操舵機構
- G グリース（粘性体）

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 減速機構及び電動モータを含んだ振動系に起因するラトル音の発生及び操舵フイーリングの低下を抑えることができる電動パワーステアリング装置を提供する。

【解決手段】 操舵部材から操向車輪に至る操舵機構に減速機構 8 を介在させて電動モータ 9 の動力を付与して操舵補助を行う電動パワーステアリング装置において、電動モータ 9 の慣性を J とし、この電動モータ 9 及び減速機構 8 を含んだ操舵機構での共振角周波数を ω_p としたときに、 $0.8 J \omega_p \leq C$ を満足する粘性定数 C を有するグリース G (粘性体) を、電動モータ 9 から減速機構 8 を経て操舵機構までのモータ動力伝達経路上の歯部 81a、82a の噛み合い部に設ける。

【選択図】 図 2

特願 2003-343620

出願人履歴情報

識別番号

[000001247]

1. 変更年月日

[変更理由]

住所

氏名

1990年 8月24日

新規登録

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

光洋精工株式会社